پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهر زنجان با استفاده از مدل CLUE_S[1]

اکبراصغری زمانی (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان، نویسنده مسؤول)
azamani621@gmail.com
سعید ملکی (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز)
malekis@scu.ac.ir
علی موحد (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز)
Movahed-ali@yahoo.com

چکیده

مقاله‌ی حاضر می‌کوشد یکی از رویکردهای نوین و تکنیک- محوری را که نزدیک به دو دهه پیش در نظام‌های برنامه ریزی و مدیریت شهری دنیا آغاز شده و نزدیک به یک دهه است که در ایران نیز به شکلی غیرنظام‌مند و با احتیاط علمی و اجرایی بسیار وسواس وار مطرح گردیده است، مورد آزمون قرار دهد. در این مقاله تلاش گردیده از یکی از مدل‌های شبیه سازی فرایندهای تغییر و تبدیل کاربری اراضی با هدف آزمون کارآیی آن در ساختارهای شهرنشینی شهر ایرانی با عنوان مدل CLUE_S استفاده به عمل آید. نتایج به دست آمده از فرایند کار نشان می دهد به شرط وجود پایگاه اطلاعاتی جامع و مناسب برای دوره های زمانی مختلف در حوزه های آماری و تصویری، می توان از فن آوری‌های نو در شبیه سازی، برآورد و پیش بینی رویدادهای احتمالی، که ممکن است در ادوار آتی شهرها و مدیریت و برنامه ریزی آنها با آن روبرو شوند، مورد استفاده قرار داد. براین اساس در این پژوهش از سه سناریوی آماده شده برای زنجان شبیه سازی روندهای گسترش آتی شهر با نرخ رشد ٤/٨ به عنوان نرخ رشد مساحت کالبدی دوره پنجاه ساله ٨٥-١٣٣٥ در سامانه‌ی شبیه سازی اعمال گردید. حاصل کار نشان می دهد که سامانه‌ی مذکور در مدل‌سازی سطح تغییرات فیزیکی کاربری‌ها و ارایه‌ی سناریوهای مختلف از قابلیت قابل قبولی برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: سامانه اطلاعات جغرافیایی، کلواس،تحلیل زمین آماری، کاربری زمین، گسترش فضایی،کالبدی، زنجان.

1.The Conversion of Land Use and its Effects modeling framework(CLUE)

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۵/۵ تاریخ تصویب:۱۳۹۰/۳/۱۶

درآمد

روند گسترش فضایی- کالبدی شهرها در مقیاس جهانی فرایندهایی از تغییرات کاربری اراضی را پیش روی شهرنشینان، به طور اعم، و مدیران، برنامه ریزان و مجریان شهری در قالب پیچیدگی های اقتصادهای مسکن و زمین بطور اخص قرار داده است. این موضوع در کنار مداخله‌ی پارامترهای متغیّری همچون جمعیت و جریانات جمعیتی چون مهاجرت، سیاست‌های کلان شهرسازی دولت‌مردان و مدیران ارشد برنامه ریزی ساختارهای شهری، بر پیچیدگی‌های مدیریت و کنترل شهری می‌افزاید. در این میان بهره‌مند شدن از سازوکارهای سنتی و متداول در ارزشیابی، تطبیق، پیش بینی و برآورد روندها و رخدادهای فضایی حاکم بر فضاهای شهری توسط نهادهای مدیریت شهری، به ویژه در کشورهای جهان سوم، مشکلات معاصر اداره شهرهای جهان سومی عصر حاضر را بسیار دشوار و ناکارآمد و البته دشوار و بی‌آتیه ساخته است. به همین منظور متخصصین و کارشناسان متعددی در کشورهای مختلف دنیا به ویژه کشورهای توسعه یافته مبادرت به تحقیق و پژوهش در حوزه‌ی کاربرد انواع الگوهای آماری- گرافیکی در زمینه‌ی فرایندهای مختلف شهری و از جمله شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی شهری نمودند. از اهمّ این موارد می‌توان به تحقیقات زیر اشاره نمود:

- "مدلسازی و پیش‌بینی گسترش شهر در چارلستون در جنوب کالیفرنیا:رهیافتی مکمل بر اساس سیستم اطلاعات جغرافیایی"(جفری آلن و کانگ لو،۱۹۸۲)؛
- "ریز شبیه سازی گسترش شهر و گزینه های مکان‌یابی: طرح و اجرای شبیه سازی شهر"(پل وادال و همکارانش،۱۹۸۷)؛
- "مدلی برای ارزشیابی زمین برپایه اتوماسیون سلولی"(متین سنبیل و همکارانش، ۱۹۹۳)؛
- "مدل‌های چند عاملی تغییر کاربری و پوشش زمین"(پارکر و همکارانش،۱۹۹۳)؛
- " جنبه ها و زمینه های مکمل برای مدل‌های شهری جهت تجزیه و تحلیل سیاست‌گذاری مادرشهرها در کشورهای در حال توسعه: مطالعه‌ی موردی: مانیل"(آر.مرکادو،۱۹۹۶)؛
- "رویکردی به مدل‌سازی گسترش کالبدی شهر با بهره گیری از اتوماسیون سلولی و سیستم اطلاعات جغرافیایی"(علی سلطانی، ۲۰۰۲)؛

- "مدل‌سازی الگوی فضایی حواشی شهری: مطالعه‌ی میدانی: هانگ شان،ووهان"(زو فنگ،۲۰۰۲)؛
- "شبیه سازی تغییرات کاربری زمین در ناحیه‌ی شهری شده مالزی:کاربرد مدل کلو اس در بستر رودخانه سلانگور"(ویتسه انگلسمن، ۲۰۰۲).

با توجه به موارد یاد شده در این پژوهش تلاش گردیده تا با بهره گیری از نرم افزار کلواس شبیه‌سازی تغییرات کاربری‌های عمده اراضی شهر زنجان مورد آزمون قرار گیرد.

روش پژوهش

نوع تحقیق کاربردی و روش پژوهش معیاری – تحلیلی است. روش در جستجوی تبیین شبکه‌ی روابط علت و معلولی در ابعاد عینی و ذهنی مسائل بوده و ارزشیابی رویدادها و فرآیندها به منظور اثبات و یا نفی مسأله بیان شده در پژوهش پی‌گرفته شده است.

با استفاده از مقابله‌ی داده‌ها، ارتباطی منطقی بین اندیشه های اولیه با حقایق موجود جستجو می شود تا در نهایت ارزشیابی مسأله مورد نظر پژوهش صورت گیرد.گردآوری داده ها به روش کتابخانه ای و میدانی صورت گرفته که در روش کتابخانه ای استفاده از منابع مختلف، آمارنامه ها، نقشه ها (در مقیاس‌های مختلف)، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره ای برای دوره های (۸۵–۱۳۳۵) و در روش میدانی، کنترل نقاط و کاربری‌ها از طریق مشاهده انجام شده است. برای تحلیل داده ها از نرم افزار تحلیل آماری SPSS و نرم افزارهایی سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی[1] و سنجش از دور[2] همچون (CLUE_S,Arc GIS 9-Idrisi Kilimanjaro) استفاده شده است.

1. Geographic Information System (GIS)
2. Remote Sensing

هدف اصلی پژوهش

هدف اصلی پژوهش حاضر کنکـاش و جسـتاری در خصـوص امکـان سـنجی و راسـتی آزمایی میزان کارآمدی سیستم‌های پشتیبانی کننده از فرایندهای شبیه ساز در عرصه‌های تغییر و تبدیل کاربری و پوشش اراضی شهری و مساعدت به فرایند کنترل و مدیریت بهینه‌ی شهری با رویکردی بر کاربرد سامانه های جدیدی از نوع موضوع مقالـه در اداره کـلان شـهرهای ایـران است.

فرضیات تحقیق

الف)به نظر می رسد کاربرد سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی و سیستم های مرکّب شبیه سازی در تحلیل تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین مؤثر باشد.

ب) به نظر می‌رسد تغییرات فیزیکی کاربری اراضی و پوشش زمین در شـهر زنجـان تـابعی از فرایند میزان تغییرات آن طی مدّت پنجاه سال گذشته است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر تلاش شده است با استفاده از تصاویر ماهواره ای، عکـس‌هـای هـوایی موجود و نیز انواع اطلاعات رقومی و نقشه ها و نیـز اطلاعـات اسـنادی سـیر تغییـر و تحـول کاربری و پوشش زمین در شهر زنجان و پیرامون آن طی پنجاه اخیر مورد مطالعه قرار گرفتـه و تحلیل شود. نهایتاً نتایج اطلاعاتی به دست آمده با استفاده از نرم افزارهایی از قبیـل Arc GIS و CLUE-S مورد تحلیل و نهایتاً شبیه سازی قرار گرفته است.

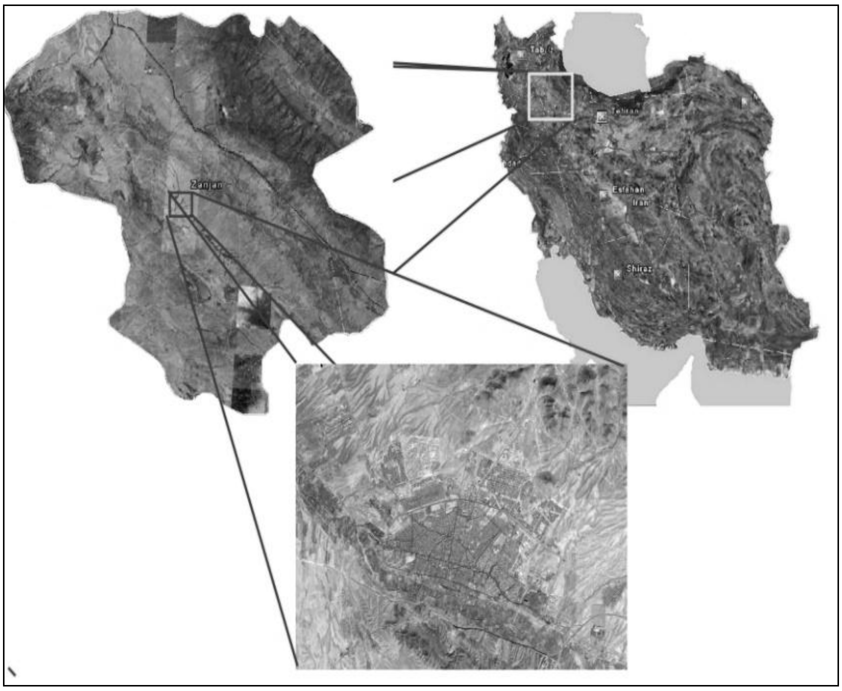
خصوصیات کلی شهر زنجان

شهر زنجان با جمعیت ٣٤١٨٠١ تن در سال ١٣٨٥، ٣٦ درصد از جمعیت استان را به خود اختصاص داده اسـت(سرشـماری عمـومی نفـوس و مسـکن،١٣٨٥). زنجـان بـه عنـوان اولـین و بزرگترین نقطه‌ی شهری استان، یکی از شهرهای میانه انـدام بـزرگ کشـور در رده‌ی جمعیتـی

۵۰۰-۲۵۰ هزار نفری و مرکز سیاسی - اداری استان زنجان محسوب می شود. موقعیّت‌های نسبی شهر زنجان از حیث تأثیر گذاری در روند رشد و توسعه عبارت‌اند از:

- قرار گیری در مسیر یکی از محورهای ممتاز سطح کشور منطبق بر راه ترانزیت تهران- تبریز - بازرگان و به دنبال آن برخورداری از امکانات ارتباطی ممتاز؛
- هم‌جواری با دو قطب رشد وتوسعه یافته ایران (تبریز- تهران) با فاصله‌ی تقریبی سیصد کیلومتر؛
- هم‌جواری با هفت استان که در نوع خود منحصر به فرد است؛
- قرارگیری در منطقه‌ی مرتفع کوهستانی، معتدل و خوش آب و هوای شمال غرب کشور.

شکل (۱):موقعیت شهر زنجان در استان زنجان و ایران

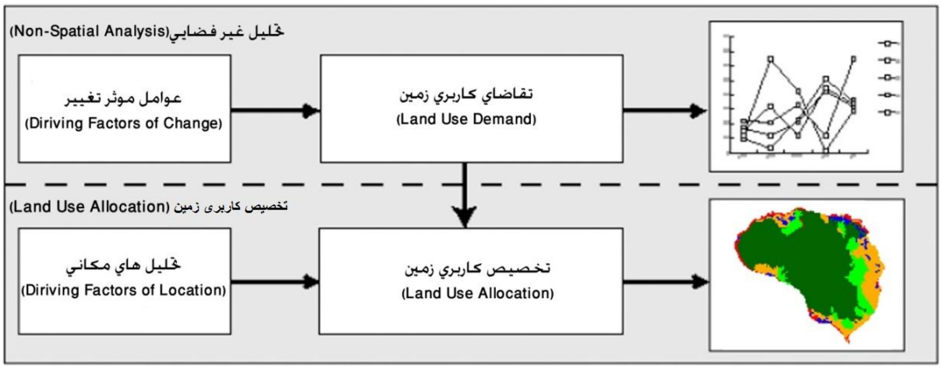


مأخذ: google Earth

ساختار مدل

کلو اس اختصار " تبدیل کاربری زمین و اثرات آن در سطح نواحی محدود" مـی باشـد و در دانشگاه واخینینگن[1] برنامه نویسی شده است.در CLUE_S مدل‌ها به دو زیر مجموعه متمایز قابل تقسیم‌اند، که عبارت‌اند از: شیوه‌ی تقاضای غیر فضـایی[2] و یـک شـیوه تخصـیص آشـکار فضایی[3] شکل شماره (۲). قسمت غیر فضایی تغییر مساحت انواع کاربری زمین در سطوح کلی را مورد محاسبه قرار می دهد. در حـوزه بخـش دوم از مـدل، تقاضـاها بـه صـورت تغییـرات کاربری زمین در مکان‌های متفاوت و درون ناحیـه‌ی مـورد مطالعـه ، براسـاس یـک سـامانه‌ی رستری به کارگرفته می شوند. پانل رابط مدل CLUE_S صرفاً تخصیص فضایی تغییـر کـاربری زمین را مورد پشتیبانی قرار می دهد. اما در بخش تقاضای کاربری زمین مدل، مشخصات مـدل ممکن است از یک مقایسه‌ی ساده صرف تا مدل‌های اقتصادی بسـیار پیچیـده را شـامل گـردد (Fresco LO, 1996:232).

شکل (۲): نمایی کلی از فرایند مدل‌سازی



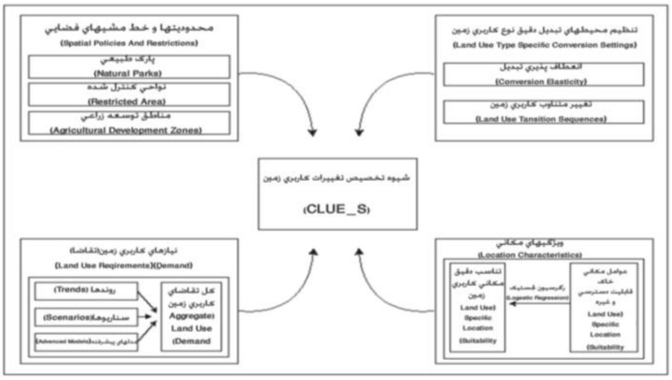
1. Wageningen
2. Non-Spatial
3. Spatially explicit allocation procedure

باید به این نکته توجه داشت که انتخاب یک مدل معیّن و خاص برای تحلیل کاربری زمین بستگی کامل به ماهیت تبدیل کاربری اراضی که در داخل ناحیه‌ی مورد مطالعه واقع شده و سناریوهایی که لازم است به آنها توجه شود، دارد.

توزیع یا تخصیص کاربری‌ها بر مبنای ترکیبی از تجربیات، تحلیل‌های فضایی و مدل‌سازی پویا انجام می پذیرد. شکل (۲) یک دید کلی از داده‌هایی که برای راه اندازی مدل CLUE_S مورد نیاز است، به دست می دهد. این اطلاعات به چهار طبقه تقسیم شده اند که با همدیگر یک رشته از شروط و احتمالات را برای آن که مدل بهترین راه حل را در یک روند متناوب محاسبه کند، تدارک می بینند. این چهار بخش عبارت‌اند از :

- محدودیّت‌ها و خط مشی‌های فضایی[1]؛
- تنظیمات نوع معیّنی از تبدیل کاربری زمین[2]؛
- نیازهای کاربری زمین(تقاضا)[3]؛
- ویژگی‌های مکانی[4]،شکل شماره (۳).

شکل (۳): نگاهی کلی به جریان اطلاعات در مدل CLUE_S



---

1. Spatial Policies and Restrictions
2. Land Use Type Specific Conversion
3. Land Use Requirements(Demand)
4. Location Characteristics

محدودیّت‌ها و خط مشی‌های فضایی

خط مشی‌های فضایی و مالکیت زمین می‌تواند الگوی تغییر کاربری اراضی را تحت تـأثیر قرار دهد. خط مشی‌های فضایی و محدودیّت‌ها غالباً نواحی را نشان مـی دهنـد کـه تغییـرات کاربری زمین بواسطه وضع مالکیت یا سیاستگذاریهای ارضی محدود شـده اسـت. (Verburg and others,1999:67).

تغییراتی که از طریق یک سیاست فضـایی معـیّن محـدود شـده انـد، مـی تواننـد در یـک ماتریس تغییر کاربری زمین نشان داده شوند. این موضوع چنانچه سیاست‌گذاری‌های فضایی به کار گرفته شود، برای همه‌ی تغییرات کاربری زمین می تواند مصداق پیدا کند.

تنظیمات تبدیل دقیق نوع کاربری

محیط‌های تبدیل دقیق نوع کاربری، عامل اصلی و تعیین کننده دینامیسم‌های زمـانی شـبیه سازی‌هاست. این محیط دو سری از عوامل را جهت مشخص سازی انواع کـاربری زمـین نیـاز دارند:

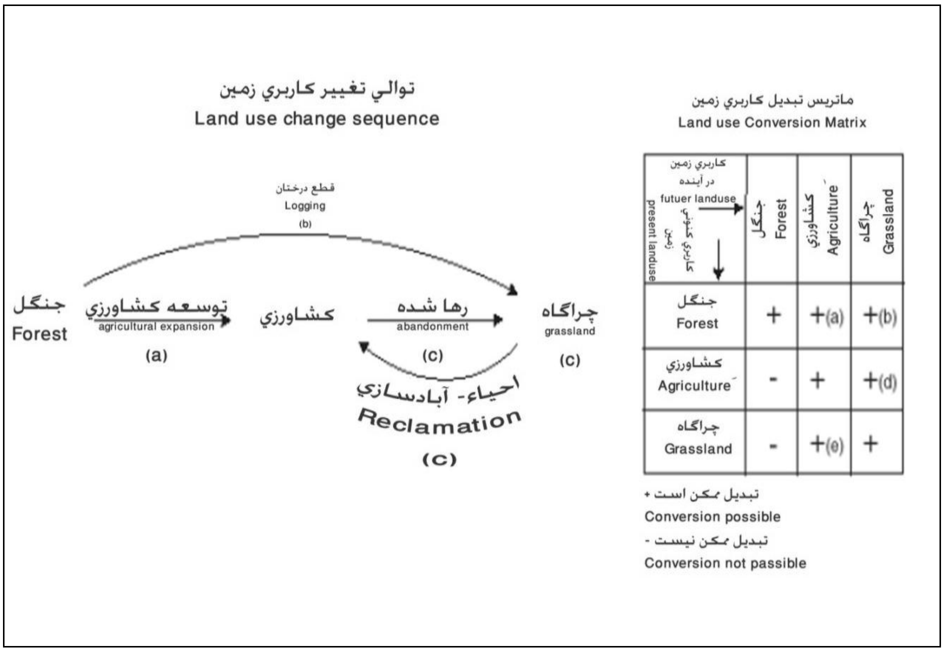
- انعطاف پذیری تبدیل،
- تناوب درگذار کاربری زمین.

براین اساس، هر یک از انواع کاربری زمین یک ارزش معیّن را نیاز دارد، که به طور دقیـق معیّن شده و میزان انعطاف پذیری نسبی جهت تغییر را در دامنه ای از 0 (تبدیل آسان) تا عـدد ۱ (تغییر غیر قابل برگشت) نشان دهد. برنامه ریزان باید روی این بخش از عوامل براساس دانش و تخصص خود، اطلاعات موجود و روابط عددی – آماری علمی و نیز طرز رفتارهای موجود در گذشته کاربری‌های اراضی دقّت داشته و اقدام به تعیین مقـادیر ارزش عـددی هـر کـاربری زمین نمایند(verburg and others,1999 :219).

سری دوم از ویژگی‌های انواع کاربری زمین که نیاز به تعیین شدن دارنـد، عبـارت‌انـد از : محیط‌های تبدیل دقیق و روشن انواع کاربری زمین و ویژگی‌های زمانی. این محیط‌هـا در یـک ماتریس تبدیلی معیّن می شوند. چنین ماتریسی تعریف می کند که:

به کدام نوع دیگر از انواع کاربری زمین، نوع کاربری زمین موجود و فعلی می‌تواند تبـدیل شده یا نشود، شکل (٤). بدین صورت که مناطقی که تبدیل کاربری زمـین مشخصـی برایشـان مجوز داده شده و آن‌دسته از مناطق که مجوّز تغییر خاصـی برایشـان معـیّن نشـده، از یکـدیگر تفکیک داده می شوند. چه میزان سال (یا مراحل زمانی) نـوع معیّنـی از کـاربری زمـین در یـک مکان می‌بایستی یا می‌تواند که باقی بماند، قبل از آن که همان کاربری بتوانـد بـه صـورت نـوع کاربری ارضی دیگری مبدّل شود، به عنوان مثال چنین موضوعی می‌تواند در خصوص سـطوح باغی و جنگلی پیرامونی شهرها و نظایر آن مطرح باشد.

شکل (۴): نمایش گذار تغییر کاربری زمین به صورت یک ماتریس تبدیل کاربری زمین



فرایند تخصیص[۱]

مدل CLUE_S با گام‌های زمانی ناپیوسته[۲] محاسبات خود را انجام می دهد. به احتمال زیاد تغییرات کاربری زمین صورت گرفته شده، تناسب و محدودیّت‌های بیان شده قبلی را نشان خواهند داد. در این مدل برای هر سلول شبکه (i) مجموع احتمالات (TPROPi,u) و برای هر نوع از کاربری زمین (u) بر اساس فرمول زیر مورد محاسبه قرار گرفته است:

$$TPROP_{i,u} = P_{i,u} + ELAS_U + ITER_u$$

که در این معادله pi,u تناسب مکان (i) برای نوع کاربری زمین (u) (برمبنای مدل لگاریتمی)، ELASu انعطاف پذیری تبدیل برای نوع کاربری زمین (u) می باشد و ITERu عبارت است از متغیر از سرگیری (تکرارشوندگی) که برای نوع کاربری زمین معیّن گردیده و شاخصی برای قابلیت رقابت نسبی نوع کاربری زمین است. ELASu که همان انعطاف پذیری تبدیل نوع کاربری زمین برای تغییر ارزش عددی زمین است، تنها زمانی‌که سلول شبکه (i) قبلاً تحت کاربری زمین (u) در سال‌های مورد نظر باشد، به معادله اضافه می شود. Pi, u شامل بخشی مبتنی بر عوامل اجتماعی- اقتصادی و زیست محیطی و بخشی از کنش متقابل همجواری‌ها است.

داده های مورد نیاز[۳]

برای راه اندازی واجرای مدل CLUE-S دست کم نیاز به داده های دقیق فضایی برای حداقل یک دوره‌ی ده ساله است. بنابراین برای این که به این مدل اجازه و امکان داده شود که فرایند تعیین و ارزش گذاری را انجام دهد،لازم است که از دو تا حداقل ده سال پایگاه اطلاعاتی مناسب در اختیار داشته باشیم(Schoorl JM,1997:17). پژوهش‌های وربورگ[۴] در اروپا نشان می دهد که داده های رستری با دقت یک متر در فرایند شبیه سازی دقیقتر تغییر و

1. Allocation procedure
2. Discrete time steps
3. Data requirements
4. verburg

تحولات کاربردی و پوشش زمین از اهمیت تعیین کننده ای برخوردار است (Verburg& Leip,2010:2).

براین اساس در جدول شماره (۱) فهرستی از لایه های اطلاعاتی که در مدل‌سازی فرایند گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان مهم بوده و مورد استفاده قرار گرفته اند، ارائه شده است. به طور کلی حجم بزرگی از عوامل می توانند برای مدل‌سازی جمع آوری شده و مورد استفاده قرار بگیرند. این عوامل بسته به مورد از حداقل پنج تا هزار فاکتور را می توانند بسته به شرایط زمانی و مکانی مطالعه‌ی موردی ، متغیّر باشند.

جدول شماره (۱): داده های مورد نیاز برای مدل‌سازی گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان در مدل CLUE_S

عوامل	کاربرد در محلی که عوامل مورد نیازاند.
داده های جمعیتی: • تعداد خانوار • تراکم خانوار • بار تکفل • نرخ رشد جمعیت • تراکم جمعیت تراکم کل جمعیت(نفر در کیلومتر مربع) • تراکم جمعیت روستایی • تراکم جمعیت شهری • کل نیروی شاغل • شاغلین بخش کشاورزی • شاغلین بخش صنعت • شاغلین بخش خدمات	برای کلیه شبیه سازی‌هاجزو ضروریات اساسی محسوب می شوند.
کاربری/پوشش عمومی زمین: • اراضی زراعی • باغ • مرتع	در تمامی شبیه سازیها تغییر کاربری زمین مورد نیاز می باشند.

داده های اقتصای – اجتماعی: • باسوادی • میزان درآمد، تولید ناخالص داخلی...	
داده های جغرافیایی: • فاصله ازشهر • فاصله ازراههای اصلی • فاصله از خطوط انتقال نیرو • فاصله از خطوط انتقال آب • فاصله از خطوط انتقال گاز • فاصله ازشبکه آبراه اصلی ورودخانه ها • فاصله ازخطوط راه آهن	برای کلیه شبیه سازیها جزو ضروریات اساسی محسوب می گردند.
داده های زیست محیطی: • فایل DEM ۱ • عوارض زمین(پستی و بلندی...)	

جمع آوری داده ها[1]

جمع آوری داده اغلب عمده ترین بخش از روش CLUE_S می باشد. از آن جا که داده‌های اجتماعی–اقتصادی و زیست محیطی مورد نیاز است، منابع بسیاری باید جهت تکمیل مجموعه کاملی از داده ها به کار گرفته شوند(Kok K,2000:109).در این راستا کاربرد جداول اطلاعاتی کاملاً صحیح، که به دقت به لایه های رقومی وصل شده اند، همراه با بهره مندی از نقشه ها،کاملاً ضروری است،(داده های سرشماری، به عنوان مثال).

فرمت‌ها و پردازش داده ها[2]

برای مدل سازی در چارچوب مدل CLUE_S، داده ها نیاز به تبدیل شدن به صورت یک فرمت یکپارچه و هماهنگ دارند، بنابراین داده ها به فرمت رستری واحدی تبدیل شده‌اند.

1. Data collection
2. Data processing and formats

اندازه شبکه به مقیاس و قدرت تفکیک پذیری داده های اصلی مربوط می باشد. همه شبکه ها باید دارای مختصات و تصویر همسان و مشابه هم باشند (اندازه برابر)،با اندازه و خانه های دقیقاً همسان و هم اندازه. شیوه ای که کاربری زمین در هر سلول شبکه‌ای به نمایش در می‌آید، بسیار اساسی است.در مدل CLUE-S فقط یک نوع کاربری زمین امکان آن را دارد که درون هر سلول شبکه تعریف شود (Verburg,2001: 5). به طورکلی داده های با مبنای وکتوری نخست باید به صورت داده های با مبنای رستری (شبکه ای)تبدیل شوند. این شبکه‌ها می توانند به صورت فایل‌های ASCII فراخوانی شوند (Verburg,2000:371).

فرایند تحلیل رگرسیون لجستیک با SPSS

در وهله‌ی نخست یک فایل، فهرستی با همه انواع کاربری زمین و خصوصیات مکانی باید ایجاد شود که دربردارنده کاربری‌ها و خصوصیات مکانی در یک ردیف جداگانه و منفرد باشد.این فایل توسط برنامه‌ی تبدیل فایل[1] که توسط مدل CLUE-S پشتیبانی می شود،ایجاد می گردد.این فایل تمامی مقادیر داده ها از فایل‌های ورودی مختلف را در یک فرمت فهرستی با فایل‌هایی در ستون‌ها و سطرها فهرست می نماید. ترتیب ستون‌ها برابر ترتیب فایل‌های مشخص شده در برنامه‌ی تبدیل فایل می باشد. ویرایش اسامی می تواند در قالب گزینه‌ی Variable View انجام پذیرد (Garson,2002:3).

مراحل اجرایی مدل

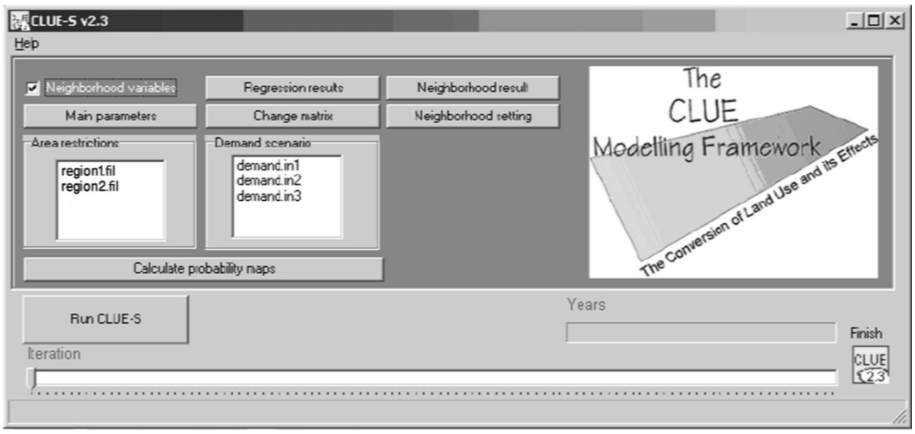
پانل اصلی کاربرد مدل

برنامه‌ی اجرایی CLUE_S.exe را از شاخه‌ی نصب برنامه برای راه اندازی مدل CLUE_S فعال می‌نماییم. پانل کاربر این مدل شامل دو قسمت است که در اشکال (۹و۱۰) نشان داده شده است. قسمت خاکستری تیره در بالاترین قسمت پانل مشخص کننده شمار متغیّرهای ورودی مدل می‌باشد. قسمت پایین پانل کاربر زمان اجرای داده پردازی را طیّ شبیه سازی نشان می دهد. کلیدهای

1 . file conversion program

پارامترهای اصلی[۱]، نتایج رگرسیون[۲] و تغییر ماتریس[۳] منجر به فایل متنی می شود که مـی توانـد جهـت طراحی تنظیمات مدل ویرایش گردد. با زدن کلید متغیّرهـای همجـواری[٤]، دو کلیـد اضـافی دیگـر بـا نام‌های نتایج همجواری[۵] و تنظیمات همجـواری[٦] نمایـان مـی‌گـردد. از طریـق ایـن کلیـدها تنظیمـات همجواری‌ها می توانند ویرایش شوند. در زیر مجموعه محـدودیّت‌هـای ناحیـه[۷] و سـناریوی تقاضـا[۸] برنامه ریز باید یکی از فایل‌های سناریو را برای اجرای مدل انتخاب نماید و انتخاب بیش از یـک فایـل در آنٍ واحد امری ممکن نمی باشد. تنها زمانی که این متغیّرها به درستی وارد برنامه شده باشـند، شـبیه سازی می تواند از طریق فشار کلید Run CLUE_S اجرا شود. نوار پیشرفت فرایند شـبیه سـازی را بـر اساس شمار سال‌های شبیه سازی نشان می دهد.نوار پایین تر تکرار ارقـام را طـیّ شـبیه سـازی نشـان می‌دهد(Soepboer,2001:17).

شکل شماره (۵) پانل اصلی کاربر مدل CLUE_S مربوط به مطالعه میدانی



1. Main Parameters
2. Regression Results
3. Change Matrix
4. Neighborhood Variables
5. Neighborhood Results
6. Neighborhood Settings
7. Area Restrictions
8. Demand Scenario

پارامترهای اصلی (Main Parameters)

پارامترهای عمده ای که مدل در خصوص آنها نیازمند داده است، به شرح جدول شماره (۲) می‌باشد:

جدول شماره (۲): پارامترهای اصلی

فرمت	توضیحات	ردیف اطلاعات مورد نیاز نرم افزار
عدد کامل	شمار انواع کاربری زمین	۱
عدد کامل	تعداد ناحیه مورد مطالعه	۲
عدد کامل	حداکثر تعداد متغیرهای مستقل در معادله رگرسیون	۳
عدد کامل	کل تعداد عوامل موثر	٤
عدد کامل	تعداد سطرها	۵
عدد کامل	تعداد ستونها	٦
شناور/اعشاری	مساحت سلول	۷
شناور/اعشاری	مختصات xll	۸
شناور/اعشاری	مختصات yll	۹
اعداد کامل	شمار کدهای انواع کاربری زمین	۱۰
شناور/اعشاری	کدهای انعطاف پذیریهای تبدیل	۱۱
شناور/اعشاری	متغیرهای تکراری	۱۲
اعداد کامل	سال آغاز و پایان شبیه سازی	۱۳
اعداد کامل	تعداد و کدهای عوامل توصیفی که هر ساله تغییر می کنند	۱٤
1,0,-2 or2	انتخاب فایل خروجی	۱۵
0,1 or2 0,1, or2	منطقه ای که گزینش رگرسیون مشخص کرده	۱٦
0,1, or 2	آغاز تاریخچه کاربری زمین	۱۷
اعداد کامل	گزینش محاسبات همجواری	۱۸
	محل تعیین تنظیمات اضافی	۱۹
		۱

تعداد ناحیه‌ی مورد مطالعه. پیش فرض برنامه ۱ و حداکثر منطقه‌ای که می‌توان مورد مطالعه قرار داد سه منطقه می باشد. معمولاً ناحیه‌ی مورد مطالعه نظیر مطالعه‌ی موردی شهر

زنجان، یک منطقه است. اما برای مناطقی که به قسمت‌های مجزاً از هم با یک سری گونه‌های کـاربری زمین متفاوت تفکیک شده اند، از مناطق بیش از یک منطقه استفاده می شود، مثل مناطق جزیره ای.

حداکثر تعداد متغیرهای مستقل در معادلـه‌ی رگرسـیون. ایـن قسـمت شـمار عوامـل مـوثر در معادله‌ی رگرسیون را با حداکثر متغیّرها نشان مـی دهـد. نسـخه‌ی اصـلی مـدل CLUE_S مـی توانـد حداکثر بیست متغیر(انواع کاربری) را پشتیبانی عملیاتی نماید.

تعداد کل فاکتورهای مؤثّری که درست شده اند. این موضوع به مفهوم شـمار عوامـل مـؤثّر بـه ازای هر سال می باشد. نسخه‌ی اصلی مدل CLUE_S حداکثر ۳۰ فاکتور را پشتیبانی می‌کند.

شمار سطور رسترهای ورودی است. حداکثر سطرها در نسخه‌ی اصلی هشتصد سطر می‌باشد.

شمار ستون رسترهای ورودی است. حداکثر ستون‌ها در نسخه‌ی اصلی هشتصد ستون می‌باشد.

مساحت سلول. در مطالعه‌ی موردی زنجان مسـاحت هـر سـلول برابـر ۱/۳۶ هکتـار مـی باشـد. مساحت سلول باید به هکتار بیان شود.

شمار کدبندی انواع کاربری زمین. کدبندی باید با عدد 0 بـرای اولـین کـاربری شـروع شـود، و برای کاربری بعدی عدد ۱ و بعدی ۲ و تا پایان ادامه یابد.

کدها برای تغییرات مجاز و رفتار انواع کاربری زمین (انعطاف پذیری تبدیل اراضی) باید بـرای هـر نوع از کاربری زمین مطابق سطر ده نشان داده شود. این کدها باید از ارزش‌گذاریی ما بـین عـدد ۰ و ۱ برخوردار باشند.

(۰): به معنای آن است که تمامی تغییرات برای آن نوع از کاربری معیّن اجـازه داده مـی‌شـود. ایـن بدان معنی است که یک نوع کاربری زمین مشخص می‌تواند در یک زمان مشخص‌تـر از یـک مکـان حذف و در همان زمان در مکان دیگری جایگزین شود. به مانند کاربری‌هـای زراعـی پیرامـون شهر زنجان.

۱>...۰<: به معنی آن است که تغییرات اجازه انجام دارند ، با ایـن حـال بیشـترین ارزش و بالاترین اولویت به مکان‌هایی داده خواهد شد که پیشتر تحت همان کاربری مورد نظر بوده‌اند.

(۱): به معنای آن است که سلول‌های شبکه هرگز نمی توانند هم‌زمان بر میزانشان افزوده شـده و یا از میزان آنها کاسته شود. این کد مربوط به آن دسته از کاربری‌هاست کـه تبـدیل نـوع آنهـا بسـیار دشوار می باشد، از همین دسته است کاربری‌های شهری و باغ‌ها در نمونه‌ی موردی شهر زنجان.

متغیّرهای تکراری. در این قسمت سه نوع عدد باید مشخص شوند:

شیوه‌ی تکرار. گزینه های (۰) : به معنای آن است کـه معیارهـای هـم‌گرایـی بـه صـورت درصدی از تقاضا مشخص شده اند؛ (۱): به معنای آن است که معیارهای هم‌گرایی به صـورت مقادیر مطلق (مانند واحدهای تقاضا که به صورت هکتار بیان می شود)، تعیین شده اند.

معیار همگرایی نخستین: انحراف متوسط ما بین تغییرات تقاضا و تغییرات اختصاص یافتـه بالفعل (که پیش فرض مدل ۰.۳۵٪ درصد می باشد، برای شیوه‌ی تکرار مطلق، دسـت کـم مسـاحت سلول به واسطه‌ی تعداد انواع کاربری‌ها منقسم می شود).

معیار هم‌گرایی دوم: بیشترین انحراف متوسط ما بین تغییرات تقاضـا شـده و تغییـرات اختصـاص یافته بالفعل است، (پیش فرض مدل ۳٪ می باشد. درصد حداقل باید برابر با یک سلول تفاوت مـا بـین ناحیه‌ی تخصیص یافته و تقاضا برای حداقل تقاضا برای آن نوع کاربری زمین باشد، بـرای نمونـه اگـر تقاضا برای کاربری زمین مشخصی برابر با دویست هکتار باشد و مساحت سلول چهار هکتـار، مقـدار عددی مورد نظر باید برابر با حداقل **((4/200)*100%=2%)** باشد.

ماتریس تبدیل

با توجه به آنچه بیان شد ماتریس تغییر و تبدیل کاربری مطالعـه‌ی مـوردی مقالـه (زنجـان) مطابق جدول (۳) تهیه و در مدل **CLUE_S** مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعه‌ی میـدانی رساله موارد زیر با توجه به کد بندی‌های زیر اساسی می نماید. این کدبندی بر اساس اولویـت کاربری‌ها از منظر اندازه آنها بوده است و عبارت‌اند از:

LU0= کاربری‌های زراعی [دیم- زراعت آبی و باغ- مخلوط باغ و مجتمع درختی]

LU1= کاربری مراتع [مخلوط دیم و مرتع- مراتع متراکم،نیمه متراکم و کم تراکم]

LU2= کاربری شهری [تمامی سطوحی که برای اسکان شهروندان زنجانی احداث شده‌اند]

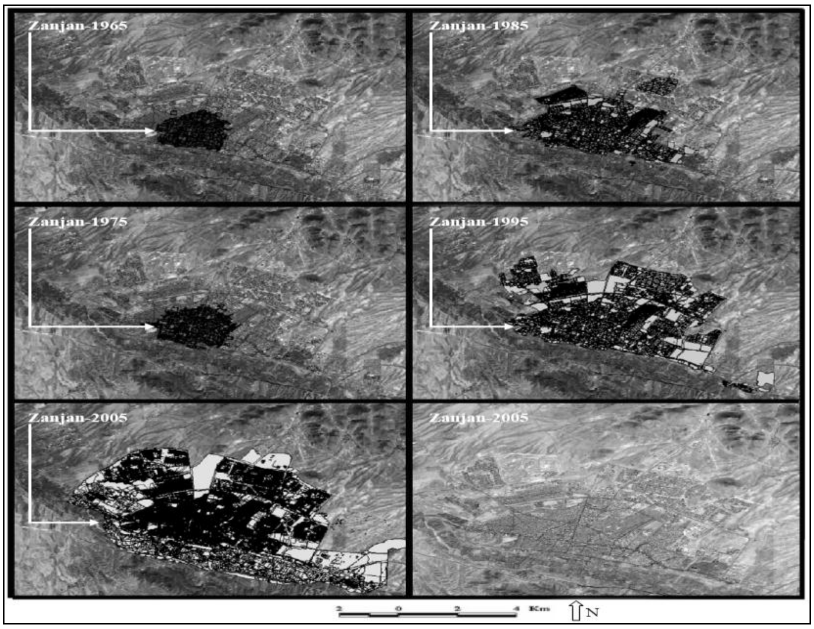
LU3= کاربری تأسیسات [امور زیربنایی- صنعتی و معدنی-زیرساخت‌ها وغیره]

LU4= کاربری بایر [اراضی رها شده- اراضی شور و غیره]

جدول شماره (۳): ماتریس ۵*۵ تبدیل کاربری زمین شهر زنجان و پیرامون آن

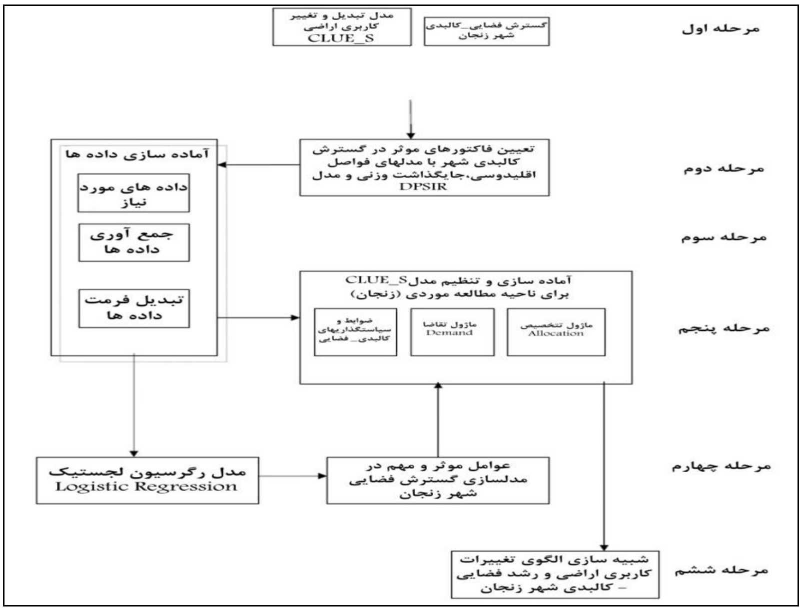
	LU0	LU1	LU2	LU3	LU4
LU0	1	0	1	1	0
LU1	1	1	1	1	0
LU2	1	1	1	1	1
LU3	0	0	1	1	1
LU4	1	1	1	1	1

شکل(۶): مراحل ادواری رشد فضایی- کالبدی شهر زنجان و تغییرات کاربری اراضی شهر

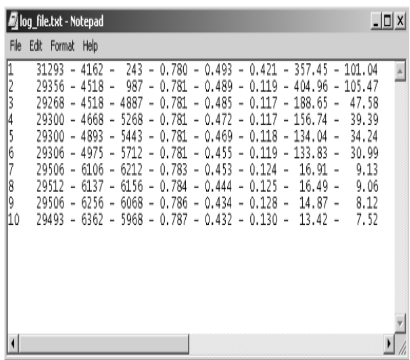


مأخذ: سازمان نقشه برداری کشور (عکس های هوایی دوره ای تهیه شده برای شهر زنجان)

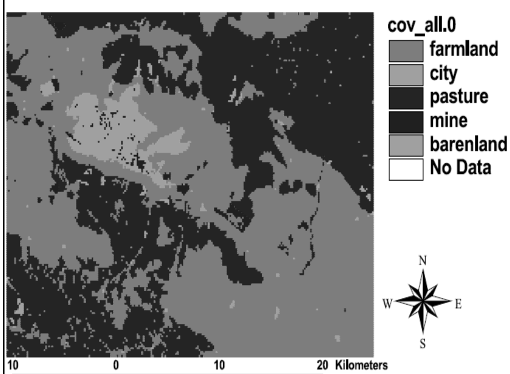
شکل (۷): مراحل نیل به مدل شبیه سازی گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان برای دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۷



شکل(۸): نمونه ای از فایل‌های مورد استفاده در فرایند شبیه سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی



نمونه ای از پارامترهای ازسرگیری (تکرارشونده) فایل **LOG** در مدل **CLUE_S**

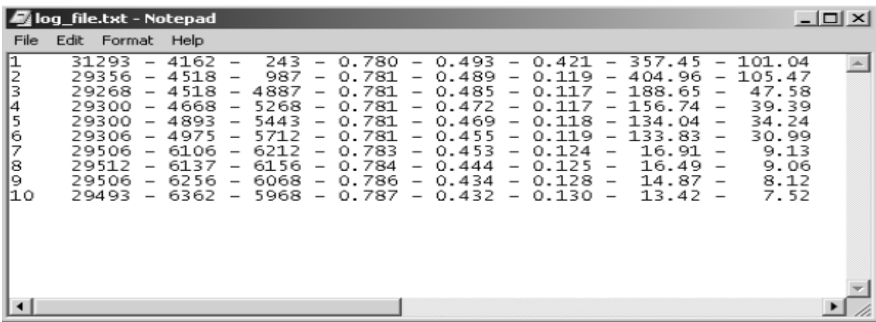


نقشه رستری کل کاربریهای طبقه بندی شده در منطقه مورد مطالعه با پسوند **cov_*.asc**

اجرای مدل‌سازی

مدل **CLUE_S** پس از آماده کردن پایگاه اطلاعاتی، قابلیت شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین را دارد. این فرایند براساس فلوچارتی که پیش‌تر ارایه شد، صورت می‌پذیرد. حاصل کار استخراج فرمتی از فایل‌های ویژه متنی است که قابلیت تبدیل به فرمت‌های وکتوری را در محیط انواع نرم افزارهای سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی دارند. شکل شماره (۱۵): نمونه ای از پارامترهای ازسرگیری فایل log را برای ده گام ازسرگیری سه نوع کاربری زمین نشان می دهد. اولین ستون، گام‌های ازسرگیری را نشان می دهد، ستون بعدی مساحت های تخصیصی هر یک از انواع کاربری زمین را نشان می دهد، ستون سوم نشان‌دهنده‌ی پارامترهای ازسرگیری نوع کاربری زمین، ستون ما قبل آخر نشان دهنده‌ی بیشینه‌ی انحراف معیار ما بین کاربری زمین تخصیص یافته و تقاضای کاربر زمین و ستون آخر نشان دهنده‌ی انحراف متوسط میان کاربری زمین اختصاص یافته و مورد تقاضا می باشد. با بیشتر شدن انواع کاربری زمین ستون‌های بیشتری برای نقاط ۲ و ۳ افزوده خواهد شد. ازسرگیری تا مادامی که معیارهای هم‌گرایی (سطر ۱۲ از فایل پارامترهای اصلی) به یک حدّ معیّنی برسند، برای نمونه ارزش مقادیر ستون ماقبل آخر به کمتر از 3% و ارزش مقادیر آخرین ستون کمتر از0.35% برسد، ادامه خواهد یافت. اگر معیارهای هم‌گرایی نتواند به دامنه ۲۰۰۰۰ تکرار و ازسرگیری برسد، مدل **CLUE_S** به کار خود را ادامه نمی دهد.

شکل شماره (۹): نمونه ای از پارامترهای ازسرگیری (تکرارشونده) فایل LOG در مدل CLUE_S



log_file.txt - Notepad

File Edit Format Help

```
1     31293 - 4162 -  243 - 0.780 - 0.493 - 0.421 - 357.45 - 101.04
2     29356 - 4518 -  987 - 0.781 - 0.489 - 0.119 - 404.96 - 105.47
3     29268 - 4518 - 4887 - 0.781 - 0.485 - 0.117 - 188.65 -  47.58
4     29300 - 4668 - 5268 - 0.781 - 0.472 - 0.117 - 156.74 -  39.39
5     29300 - 4893 - 5443 - 0.781 - 0.469 - 0.118 - 134.04 -  34.24
6     29306 - 4975 - 5712 - 0.781 - 0.455 - 0.119 - 133.83 -  30.99
7     29506 - 6106 - 6212 - 0.783 - 0.453 - 0.124 -  16.91 -   9.13
8     29512 - 6137 - 6156 - 0.784 - 0.444 - 0.125 -  16.49 -   9.06
9     29506 - 6256 - 6068 - 0.786 - 0.434 - 0.128 -  14.87 -   8.12
10    29493 - 6362 - 5968 - 0.787 - 0.432 - 0.130 -  13.42 -   7.52
```

شبیه سازی الگوی تغییرات کاربری اراضی محدوده‌ی مورد مطالعه

برای برآورد میزان‌های رشد شهر در محدوده‌ی مورد مطالعه به عنوان فاکتور اصلی و ثابت این پژوهش، از مدل رشد نمایی مضاعف استفاده شده است. اساس این مدل بر این فرض متکی است که نرخ رشد سطح افزایش متناسب با میزان تقاضایی بوده است که در همان فضا روی داده است. در نتیجه چون عامل تقاضا همواره عامل انسانی است، چنین نرخ رشدی دارای یک هم‌بستگی مستقیم و تنگاتنگ با نرخ رشد جمعیت نیز می باشد.

$$Log\left(\frac{S^2}{S^1}\right) = nLog(1+r) \qquad (1)$$

و یا (۲)

$$Log(1+r) = \frac{1}{n}Log\frac{S^2}{S^1}$$

که در آن log(1+r) برابر درصد رشد فضایی- کالبدی بین دو دوره‌ی مورد مطالعه، N سنوات بین دوره های زمانی مورد مطالعه و S_1 بیانگر مساحت محدوده‌ی مورد مطالعه در آغاز دوره و S_2 بیانگر مساحت محدوده‌ی مورد مطالعه در پایان دوره‌ی مورد مطالعه است.

با محاسبه‌ی رشد سطوح فضایی- کالبدی شهر زنجان برای دوره های زیر که اطلاعات رسمی آن در دست بوده، میزان‌های رشد زیر مطابق جدول شماره (٤) به دست آمده است:

جدول شماره (۴): میزان‌های رشد کالبدی شهر زنجان بر اساس مدل رشد نمایی مضاعف

دوره	نرخ رشد٪
۱۳۳۵-۴۷	۱/۷
۱۳۴۷-۸۲	۵/۳
۱۳۸۲ -۸۶	۱۰/۶
۱۳۳۵-۱۳۸۵	۴/۸

در این مرحله از کار با اعمال نرخ‌های ۱/۷ به عنوان کمترین میزان رشد دوره ۸۵ -۱۳۳۵ و ۱۰/٦ به عنوان بیشترین میزان نرخ رشدی که در طول دوره‌ی مورد بررسی در حوزه‌ی مطالعه میدانی تجربه شده و ٤/٨ به عنوان متوسط رشد دوره پنجاه ساله محدوده‌ی مطالعه میدانی

مطابق جدول شماره (۵) برای تدوین فایل‌های تقاضای کاربری (**deman.in**) در حوزه‌ی مورد مطالعه از سال ۱۳۸٦ سال تدوین پژوهش تا سال ۱٤۰۰ به عنوان سال افق مورد پیش بینی پژوهش، تهیه شده است. البته یادآور می شود، به دلیل نزدیکی نرخ رشد دوره ۸۵–۱۳۳۵ به نرخ رشد دوره ۳۵ ساله (۸۲–۱۳٤۷)، از اعمال نرخ مذکور در فرایند مدل‌سازی پیش بینی تقاضا چشم‌پوشی شده است. نکته ای که باید توجه داشت، آن که مجموعه‌ی تغییرات به سبب آن که در یک محدوده‌ی مشخص مورد محاسبه واقع شده اند، جمع عددیشان باید برابر با مساحت اولیه منطقه مورد مطالعه باشد که در پژوهش حاضر برابر با ۹٤٤٤٥/٦٤ هکتار است.

کد بندی نوع کاربری‌ها هم برابر است با:

کد 0= کاربری زراعی   کد 1= کاربری مرتع

کد2= کاربری شهری   کد4= اراضی بایر

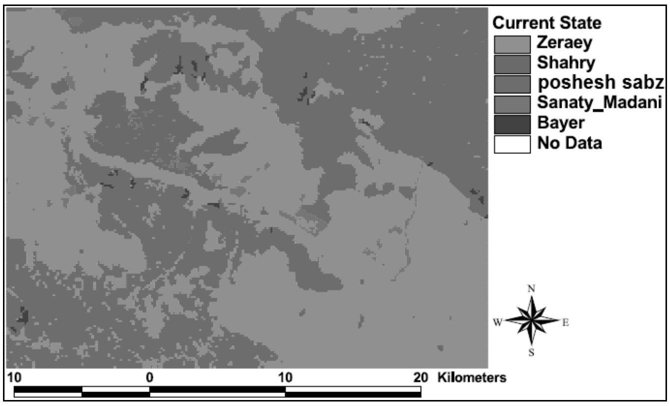
کد3= کاربری تأسیساتی، صنعتی و معدنی

جدول شماره (۵): محاسبه (شبیه سازی)تقاضا برای دوره ۱۴۰۰–۱۳۸۶ بر مبنای نرخ رشد ۴/۸٪

	۴	۳	۲	۱	۰	
۹۴۴۴۵/۶۴	۴۳۶/۲	۱۲۸۶/۹۳	۴۴۳۲/۵۸	۳۹۱۲۳/۴	۴۹۱۶۶/۵۳	۱۳۸۶
۹۴۴۴۵/۶۴	۳۴۰	۱۳۴۸/۷	۴۶۴۵/۳۴	۳۷۲۴۵/۵	۵۰۸۶۶/۱	۱۳۸۷
۹۴۴۴۵/۶۴	۵۰	۱۴۱۳/۴۴	۴۸۶۸/۳۲	۳۵۴۵۷/۷	۵۲۶۵۶/۱۸	۱۳۸۸
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۷	۱۴۸۱/۳	۵۱۰۱/۹	۳۳۷۵۵/۷۲	۵۴۰۷۹/۶۳	۱۳۸۹
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۱۵۵۲/۴	۵۳۴۶/۹	۳۲۱۳۵/۴۵	۵۵۳۹۰/۸۹	۱۳۹۰
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۱۶۲۶/۹	۵۶۰۳/۵۵	۲۹۱۲۴/۹۵	۵۶۶۰۲/۲۴	۱۳۹۱
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۱۷۰۴/۹۹	۵۸۷۲/۵۲	۲۹۱۲۴/۵	۵۷۷۲۳/۶۳	۱۳۹۲
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۱۷۸۶/۸۳	۶۱۵۴/۴	۲۷۷۲۶/۵۱	۵۸۷۵۷/۹	۱۳۹۳
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۱۸۷۲/۶	۶۴۴۹/۸۱	۲۶۳۹۵/۶۴	۵۹۷۰۷/۵۹	۱۳۹۴
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۱۹۶۲/۵	۶۷۵۹/۴	۲۵۱۲۸/۶۵	۶۰۵۷۵/۰۹	۱۳۹۵
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۲۰۵۶/۷	۷۰۸۳/۹	۲۳۹۲۲/۵	۶۱۳۶۲/۵۴	۱۳۹۶
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۲۱۵۵/۴۱	۷۴۲۳/۹	۲۲۷۷۴/۲	۶۲۰۷۳/۱۳	۱۳۹۷
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۲۲۵۸/۹	۷۷۸۰/۲۲	۲۱۶۸۱/۰۳	۶۲۷۰۵/۴۹	۱۳۹۸
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۲۳۶۷/۳	۸۱۵۳/۶۷	۲۰۶۴۰/۴۲	۶۳۲۶۴/۳۳	۱۳۹۹
۹۴۴۴۵/۶۴	۲۰	۲۴۸۰/۹۲	۸۵۴۵/۰۴	۱۹۶۴۹/۶۱	۶۳۷۵۰/۰۷	۱۴۰۰

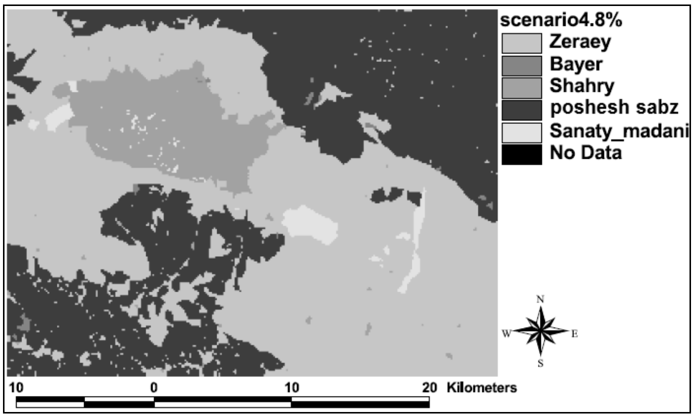
با توجه به داده های بالا در قالب فایل‌های متنی تقاضا (**deman.in**) **CLUE_S** و نیز دخالت دادن فایل‌های کاربری اراضی و عوامل موثر و محدود کننده گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان، مدل **CLUE_S** در قالب سه سناریوی مبتنی بر داده های بالا، خروجی‌های زیر را به عنوان نتیجه‌ی شبیه سازی پیش بینی فرایند گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان موردمحاسبه، تجزیه و تحلیل نموده و نهایتاً در قالب نقشه های شماره (۱۰ و۱۲) ترسیم نموده است.

شکل شماره (۱۰): راستی آزمایی فرایند شبیه سازی کاربری اراضی شهر زنجان برای وضع موجود براساس اطلاعات دوره پنجاه ساله گذشته



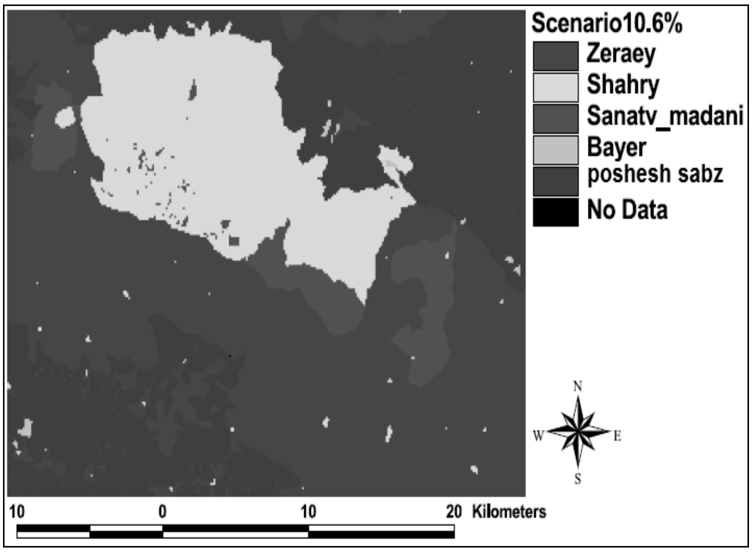
شکل شماره (۱۱): سطوح کاربری اراضی محدوده‌ی مورد مطالعه با نرخ رشد سالانه ۴/۸٪

(پس از پیش بینی و شبیه سازی)



شکل شماره (۱۲): سطوح کاربری اراضی محدوده‌ی مورد مطالعه با نرخ رشد سالانه ۱۰/۶٪

(پس از پیش بینی و شبیه سازی)



نتیجه گیری

با توجه به آنچه که تاکنون با اعمال مجموعه عواملی که جمع آوری آنها در توان این مقاله بوده و ارائه گردید، و با توجه به نتایج حاصل از ارزشیابی فرایند گسترش فضایی- کالبدی شهر زنجان طی سال‌های گذشته و نیز پیش بینی آن برای دوره ۱٤۰۰-۱۳۸٦، نتایج زیر به دست آمده است:

۱. از میان سه سناریوی نهایی شبیه سازی حاصل از مدل **CLUE_S** ، ضریب تحقق سناریو شبیه سازی مبتنی بر نرخ رشد متوسط پنجاه ساله‌ی ۸۵-۱۳۳۵، یعنی نرخ رشد ٤/۸٪ بیش از هر سناریوی دیگری احتمال وقوع خواهد داشت. دلیل این مهم آن است که با همین میزان رشد مدل جهت راستی آزمایی فرایند شبیه سازی مورد آزمون قرار گرفت که حاصل آن

با دقت قابل توجهی شکل شماره (١٠) است که با وضع موجود در سال ١٣٨٦ انطباق چشمگیری را نشان می دهد.

٢. نرم افزار CLUE_S در کنار بسته های نرم افزاری سامانه های اطلاعات جغرافیایی GIS قابلیت تحلیل و ارزشیابی ، پیش بینی و شبیه سازی الگوهای رشد و گسترش فضایی- کالبدی شهرها و تغییرات کاربری اراضی را دارد و می تواند به عنوان یک ابزار کارآمد در تحلیل کاربری های زمین، اعمّ از شهری و غیره، مورد استفاده و بهره برداری قرار بگیرد.

٣. هر پدیده ای که با انسان و رفتارهای انسانی سروکار داشته باشد، بنا به ذات متغیر و غیرقابل پیش بینی انسانی، همواره در حال تغییر و غیرقابل پیش بینی می نماید، چراکه تمام عناصر سیستم‌های مرتبط با انسان، تحت تأثیر تصمیم سازی و تصمیم گیری او قرار دارد و با کوچکترین تغییر در تصمیمات و عملکردهای او، محیط زیست او نیز دچار تغییرات ملموسی می شود. با این حال اگر رفتارسنجی درستی از انسان، به مفهوم سیستمی آن، در قالب جامعه به مفهوم کلان آن صورت بپذیرد، برآورد و شبیه سازی رخدادهای آینده با دقتی کمابیش قابل قبول دور از دسترس نخواهد بود.

منابع و مآخذ:

۱. مرکز آمار ایران . نتایج اولیه سرشماری عمومی نفوس مسکن ۱۳۸۵.

2. -Garson, G.B.,PA 765 Statenotes: An online textbook.
3. http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/logistic.htm (February 2002).
4. -Kok K, Veldkamp A. (2000)a. Multi-scale land use change modelling using the CLUE framework. In: Bouman BAM, Jansen HGP, Schipper RA, Hengsdijk H, Nieuwenhuyse A, editors. Tools for land use analysis at different scales. With case studies from Costa Rica. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Chapter 3.
5. -Schoorl JM, Veldkamp A, Fresco LO. (1997). The Conversion of Land Use and its Effects (CLUE-CR), a regression based model applied to Costa Rica (Pascal version 1.2). Quantitative Approaches in Systems Analysis 8: 1-53.
6. -Soepboer, W. (2001). CLUE-S, an application for Sibuyan Island, Philippines. Thesis report Wageningen University, Wageningen.17.
7. -Veldkamp A, Fresco LO.(1996). CLUE-CR: an integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. Ecological Modelling 91: 231-48.
8. -Verburg PH, De Koning GHJ, Kok K, Veldkamp A, Bouma J. (1999). A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. Ecological Modelling 116: 45-61.
9. -Verburg PH, Veldkamp A, Fresco LO. (1999). Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. Applied Geography 19: 211-33.
10. -Verburg, P.H. (2001). CLUE-S manual: model version for relatively small areas and data-sets with a high spatial resolution. Department of environmental sciences, Wageningen niversity,Wageningen.37:5.
11. -Verburg, P.H. and Chen, Y.Q. (2000). Multiscale characterization of land-use patterns in China.Ecosystems 3: 369-385.
12. -Peter H. Verburg and Adrian Leip.(2010).Modelling of land cover and agricultural change in Europe: Combining the CLUE and CAPRI-Spat approaches. Agriculture, Ecosystems & Environment.P 21-1.